

Andrzej Trautman

Strzępy historii teorii fal grawitacyjnych

Krótki wstęp do wykładu Prof. Tomasza Bulika

Udana detekcja fal grawitacyjnych
była poprzedzona prowadzonymi przez sto
lat pracami teoretycznymi, w których brali
udział także Polacy.

Grawitacja Newtona: wszystko wynika z

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Grawitacja Newtona: wszystko wynika z

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

(jedno) liniowe równanie pola grawitacyjnego

podstawowe teoret. narzędzie astronomii

znakomita zgodność z obserwacjami, ale jak pogodzić ze skończoną prędkością światła?

Ogólna Teoria Względności (OTW) 1915
zakrzywiona czasoprzestrzeń (Riemanna)
układ 10 nieliniowych równań pola

Ogólna Teoria Względności (OTW) 1915
zakrzywiona czasoprzestrzeń (Riemanna)
układ 10 nieliniowych równań pola

Einstein (1916, 1918): przybliżenie słabego
pola, płaskie fale grawitacyjne

zlinearyzowane równania Einsteina podob-
ne do równań Maxwella, fale niosą energię

H. W. Brinkmann (1925) znajduje ścisłe fale płaskie; praca początkowo niezauważona przez fizyków.

H. W. Brinkmann (1925) znajduje ścisłe fale płaskie; praca początkowo niezauważona przez fizyków.

Później, w latach 50-tych ub. wieku, fale płaskie przez wielu autorów ponownie odkrywane

praca Bondi, Pirani, Robinson (1959)
definicja przez symetrie

Od 1933 r. Einstein pracuje w Princeton i tam, wraz z N. Rosenem, podejmuje próbę znalezienia ścisłych fal płaskich; dlaczego?

1⁰ OTW zlinearyzowana to teoria cząstek o spinie 2 i masie 0

2⁰ pełna OTW daje istotnie nowe wyniki w kosmologii (np. przestrzeń w postaci 3-wymiarowej sfery)

Rozwiązując równania pola dla takich fal Einstein i Rosen otrzymują osobliwości w niektórych składowych tensora metrycznego (=zbiór funkcji opisujących geometrię.)

Rozwiązując równania pola dla takich fal Einstein i Rosen otrzymują osobliwości w niektórych składowych tensora metrycznego (=zbiór funkcji opisujących geometrię.)

Einstein wyciąga z tego wniosek, że nie istnieją fale grawitacyjne i wysyła do *Physical Review* pracę *Do gravitational waves exist?*

Recenzent wysuwa przypuszczenie, że osobliwość spowodowana wyborem układu współrzędnych (dziś wiadomo, że recenzentem był H.P. Robertson i miał rację)

Recenzent wysuwa przypuszczenie, że osobliwość spowodowana wyborem układu współrzędnych (dziś wiadomo, że recenzentem był H.P. Robertson i miał rację)

Einstein do redakcji:

We had sent you our manuscript for publication and had not authorized you to show it to specialists before it is printed...

(D. Kennefick: Einstein versus the Physical Review, *Physics Today* Sept. 2005)

(D. Kennefick: Einstein versus the Physical Review, *Physics Today* Sept. 2005)

Robertson, który też był w Princeton, zasugerował interpretację rozwiązań jako fal o symetrii walcowej, co Einstein przyjął i wysłał pracę do *Journal of the Franklin Institute*

(D. Kennefick: Einstein versus the Physical Review, *Physics Today* Sept. 2005)

Robertson, który też był w Princeton, zasugerował interpretację rozwiązań jako fal o symetrii walcowej, co Einstein przyjął i wysłał pracę do *Journal of the Franklin Institute*

Teraz Polacy

Leopold Infeld, od 1930 r. docent na Uniwersytecie Jana Kazimierza we Lwowie, znał Einsteina z czasów kiedy Einstein był w Berlinie, zostaje w 1936 r. zaproszony do Princeton; we współpracy z Einsteinem i B. Hoffmannem powstaje wtedy metoda EIH znajdowania równań ruchu w OTW;

Leopold Infeld, od 1930 r. docent na Uniwersytecie Jana Kazimierza we Lwowie, znał Einsteina z czasów kiedy Einstein był w Berlinie, zostaje w 1936 r. zaproszony do Princeton; we współpracy z Einsteinem i B. Hoffmannem powstaje wtedy metoda EIH znajdowania równań ruchu w OTW; pod wpływem Einsteina Infeld nabiera przekonania, że nie istnieją fale graw.

W 1939 r. Infeld został profesorem fizyki teoretycznej na *University of Toronto*. W pracy z A. E. Scheideggerem (1951) autorzy dochodzą do wniosku, że w metodzie przybliżeń EIH, przez przekształcenia współrzędnych, można usuwać człony promieniste z rozwiązań równań pola grawitacyjnego

Wcześniej (1947) Ning Hu znalazł *anti-damping* stosując metodę EIH do obliczenia członów promienistych

Wcześniej (1947) Ning Hu znalazł *anti-damping* stosując metodę EIH do obliczenia członów promienistych

W 1950 r. Infeld powraca do Polski i podejmuje organizację oraz kierownictwo tworzonego wtedy Instytutu Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego.

Wśród jego pierwszych współpracowników jest Jerzy Plebański, który w 1954 r. wykłada *Wstęp do Fizyki Teoretycznej* na Politechnice Warszawskiej, opiekuje się tam pracą magisterską Andrzeja Trautmana i zachęca go do podjęcia studiów doktoranckich w grupie Infelda na Hożej.

Jako temat pracy doktorskiej sugeruje promieniowanie grawitacyjne, ostrzegając Trautmana, że Infeld wątpi o istnieniu tego promieniowania.

Jako temat pracy doktorskiej sugeruje promieniowanie grawitacyjne, ostrzegając Trautmana, że Infeld wątpi o istnieniu tego promieniowania. Trautman zbiera argumenty na rzecz istnienia fal grawitacyjnych. Pokazuje, że skoki (nieciągłości) krzywizny rozchodzą się podobnie jak fale elektromagnetyczne (1958).

Formułuje grawitacyjne odpowiedniki warunków wypromieniowania Sommerfelda i na ich podstawie pokazuje, że

energia układu promieniującego maleje

tensor krzywizny $= N/r + \dots$ (początek tzw. peeling off, późniejsze twierdzenie Sachs)

Infeld przyjmuje to jako pracę doktorską, mimo, że ciągle nie wierzy w promienowanie grawitacyjne.

Infeld przyjmuje to jako pracę doktorską, mimo, że ciągle nie wierzy w promienowanie grawitacyjne. Ivor Robinson i Trautman znajdują rozwiązania równań Einsteina, reprezentujące fale o sferycznych czołach (1960); tu $R = N/r + III/r^2 + D/r^3$.

Infeld przyjmuje to jako pracę doktorską, mimo, że ciągle nie wierzy w promienio-
wanie grawitacyjne. Ivor Robinson i Traut-
man znajdują rozwiązania równań Einste-
ina, reprezentujące fale o sferycznych czo-
łach (1960); tu $R = N/r + III/r^2 + D/r^3$.
Początek prac nas rozwiązaniami 'algebra-
icznie specjalnymi', które dają m.in. metry-
kę Kerra (najogólniejsza czarna dziura).



: Pierwsze próby detekcji fal: Joseph Weber (1965+)

W 1973 r. w Warszawie jedna z pierwszych międzynarodowych konferencji poświęconych falom grawitacyjnym (Symposium IAU), co świadczy o uznaniu dla prac w tej dziedzinie prowadzonych w Warszawie; na tej konferencji



: Wojciech Rubinowicz dekoruje medalem Smoluchowskiego Subrahmaniana Chandrasekhara (Nobel 1983)

Wracając do Infelda: dopiero w końcu 1967 r. Róża Michalska-Trautman przekonuje go o istnieniu promieniowania:

Wracając do Infelda: dopiero w końcu 1967 r. Róża Michalska-Trautman przekonuje go o istnieniu promieniowania: w ramach EIH znajduje człony promieniste, które dają tarcie promieniste zgodne z przewidywaniami teorii liniowej; ich wspólna praca w *Annals of Physics* (1969).

Wracając do Infelda: dopiero w końcu 1967 r. Róża Michalska-Trautman przekonuje go o istnieniu promieniowania: w ramach EIH znajduje człony promieniste, które dają tarcie promieniste zgodne z przewidywaniami teorii liniowej; ich wspólna praca w *Annals of Physics* (1969).

gdzie diabeł nie może, tam babę pośle